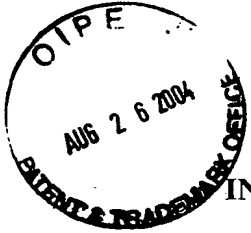


IFW



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q80957

Kai BARBEHOEN, et al.

Appln. No.: 10/822,165

Group Art Unit: 2621

Confirmation No.: 2956

Examiner: Not Yet Assigned

Filed: April 12, 2004

For: **METHOD FOR GENERATING GEOMETRIC MODELS FOR OPTICAL PARTIAL
RECOGNITION**

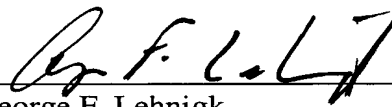
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,


George F. Lehnigk
Registration No. 36,359

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: GERMANY 101 50 105.6

Date: August 26, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Inventor: Kai BARBEHOEN, et al.
Application No.: 10/822,165
Group Art Unit: 2621
Filing Date: April 12, 2004
SUGHRUE Reference No.: Q80957
SUGHRUE Telephone No.: 202-293-7060

Automatische Ermittlung von geometrischen Modellen für optische Teilerkennungen

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 50 105.6
Anmeldetag: 11. Oktober 2001
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE
Bezeichnung: Automatische Ermittlung von geometrischen
Modellen für optische Teilerkennungen
IPC: G 06 K, G 06 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Beschreibung

5 Automatische Ermittlung von geometrischen Modellen für optische Teilerkennungen

Die Erfindung betrifft die Erzeugung eines Modells, welches eine Bildobjektklasse repräsentiert und somit als Erkennungsmodell für neue Mitglieder dieser Klasse dient.

10

In vielen Bereichen der Industrie werden optische und / oder akustische Verfahren zur Kontrolle von Werkstücken in der Produktion, Qualitätskontrolle oder Identitätserkennung verwendet. Zusätzlich zur Erkennung von Produkten müssen die
15 verwendeten Verfahren eine hohe Adaptivität und Stabilität aufweisen, da in der Regel physikalische Veränderungen der zu prüfenden Produkte aufgrund schlechter Qualität, Orientierung, oder Beschädigungen sowie unterschiedliche Beleuchtungsumstände die Eigenschaften des zu untersuchenden Objek-
20 tes variieren.

25

Die Erkennung von Objekten oder Muster wird bekannterweise mittels digitaler Bild- und Signalaufnahmetechnik ausgeführt, der Bild- und Signalverarbeitungsroutinen für die Klassifizierung der Objekten oder Muster hinzugefügt werden. Die Routinen verwenden Verfahren, bei denen die in den digitalen Bildern vorkommenden Bildobjekte anhand von Formmerkmalen wie Grauwertkonturen, Textur sowie Kanten, Ecken, Geradenstücke analysiert werden. Dabei werden die besonders charakteristischen, zuverlässigen und beschreibenden Formmerkmale eines
30 Objekts zu einem Modell zusammengefasst. Unterschiedliche Formmerkmale führen dabei zu unterschiedlichen Modellen.

35

Für die Aufnahme des zu untersuchenden Objektes wird das Objekt unter eine Kamera gelegt und aufgenommen. Die resultierenden Bilder werden zunächst nach Formmerkmalen der im Bild vorkommenden Objekte analysiert. Somit werden besonders cha-

rakteristische Formmerkmale wie Geradenstücke, Ecken, Kreise, Linien oder Flächenteile erkannt, aus dem Bild extrahiert und in einem Modell zusammengefasst. Dabei beruht die Auswahl der für die Modelle geeigneten Formmerkmale auf einer statistischen Bewertung aller extrahierten Merkmale aus vielen Bildern. Die Messwerte der Merkmale streuen zunächst zufällig um einen Mittelwert aufgrund von Beleuchtungsunterschieden, Objektunterschieden und Kamerarauschen. Die hiermit eingeführten Komplikationen werden z.Z. durch ein interaktives Verfahren mit einem Fachmann ausgeglichen, wobei die Modelle grundsätzlich von einem Fachmann erstellt und erprobt werden.

Die Bildung von Gruppen, welche in der Erfindung zur Verwendung kommen, ist ein Resultat einer Ähnlichkeitsbestimmung der aus den Bildern erzeugten Formmerkmale. Die Entwicklung von Gruppen, die zur Erzeugung eines Modells dienen, wird anhand von Ähnlichkeiten wie z.B. Merkmalsart, Länge, Winkel, Formfaktor, Fläche oder Helligkeit ausgeführt. Ähnliche Merkmale werden in Gruppen geordnet. In diesem Verfahren könnte bspw. eine Gruppe die Größe einer Fläche mit einer bestimmten Helligkeit oder eine Kantenform mit einer bestimmten Intensität darstellen. Weitere Informationen aus einem neuen Bild, wie z.B. eine ähnliche Helligkeitsverteilung oder Kantenform, werden anschließend zu den bereits existierenden Gruppen hinzugefügt.

Da eine Variation der Objekteigenschaften die automatische Erzeugung eines repräsentativen Modells, und die dafür notwendigen Gruppen, verkompliziert und in der Regel sogar verbietet, wird, wie bereits erläutert, der interaktive Einsatz eines in dem Bereich erfahrenen Technikers notwendig. Da dieser Einsatz allerdings auf keiner festen, logischen Grundlage beruht, kann die Qualität, d.h. die Güte der Modelle, nicht garantiert werden. Die Folgen der genannten Nachteile führen zu einem erheblichen Kostenaufwand für den Einsatz des Fachmanns und zu einem Mangel an stabiler Adaptivität des Erken-

nungssystems, d.h. die fehlende „Güte“ der gesammelten Formmerkmalen, Gruppen und der daraus resultierenden Modelle.

Somit liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für die automatische Erzeugung von Modellen anzugeben, bei dem eine automatische Erfassung von objektbeschreibenden Merkmalen zur repräsentativen Stärke der Modelle gegenüber den zu erkennenden Objekten führt und somit eine kostengünstige Adaptivität eines Erkennungssystems ermöglicht wird.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung besteht im wesentlichen darin, dass Gruppen von Formmerkmalen, welche Eigenschaften eines Bildobjektes sein können, durch Hinzunahme von weiteren Formmerkmalen, die eine Ähnlichkeit mit existierenden Gruppenformmerkmalen aufweisen, sich anhand einer Kontrolle mit auswählbaren Schwellwerten und der Aufnahme von zusätzlichen Informationen je nach geänderten Umständen des Objekts vervollständigen und somit annähernd eine zu erkennende Objektklasse repräsentieren. Das hiermit erzeugte Modell kann in einem ersten Schritt für eine optische Teilerkennung verwendet werden. In einem zweiten Schritt können die Merkmale des durch die Teilerkennung erkannten Objekts zu einer Erweiterung und Vervollständigung des Modells führen.

Es ergibt sich der Vorteil, dass die Notwendigkeit einer interaktiven Kontrolle des Erkennungssystems mit einem Fachmann erspart wird und Modelle mit hoher Repräsentationsstärke erzeugt werden können.

Beim Verfahren zur automatischen Erzeugung eines objektbeschreibenden Modells, wird eine Auswahl von Bildsignalinformationen in einer objektbeschreibenden Gruppe erfasst, welche objektbeschreibende Formmerkmale aufweist. Zunächst

führen Ähnlichkeitskriterien zur Entscheidung, ob ein objektbeschreibendes Merkmal der Gruppe zugeordnet werden kann. Eine auswählbare Schwelle ermöglicht die Entscheidung, ob die Gruppe zum Bestandteil des Erkennungsmodells wird, wobei mindestens starke Gruppen für ein Modell für eine Teilerkennung eines Objektes verwendet werden. Die Stärke wird je nach Anzahl der Gruppenmerkmale bestimmt, wobei nach der Generierung eines ersten Modells weitere Bildaufnahmen ausgeführt werden, und somit neue objektbeschreibende Merkmale gewonnen werden können. Diese Merkmale unterliegen einer Ähnlichkeitsbestimmung und können zu bereits existierenden Gruppen hinzugefügt werden, wodurch die Gruppen sich weiterhin vervollständigen können.

15 Dabei wird unter „Teilerkennung“ insbesondere eine Erkennung eines Teils eines Bildobjektes verstanden, das die wesentlichsten Merkmale des Objekts oder ein bestimmtes Merkmal deutlich aufweist.

20 Das Verfahren wird optimal derart ausgeführt, dass weitere objektbeschreibende Merkmale gemäß einer Ähnlichkeitsbestimmung den bereits existierenden Gruppen solange hinzugefügt werden, bis die Gruppen sich nicht mehr wesentlich ändern.

25 Es wird bevorzugt, statistische Werte zur Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes zwischen bereits in den Gruppen aufgenommenen Merkmalen und neuen Merkmalen zu verwenden.

30 Dabei können diese statistischen Werte Mittelwerte und/oder Maximumwerte sein und Streuungsmesswerte für jedes objektbeschreibenden Merkmal gespeichert werden, wobei diese Messwerte zur Charakterisierung eines Modells herangezogen werden.

35 In einer äußerst wichtigen Weiterbildung der Erfindung werden anhand einer ersten Teilerkennung eines von der optischen Bildaufnahmeachse verschobenen Objekts, Transformationskoeffizienten für die verschobene Objektlage gewonnen, und mit

einer Rücktransformation die Formmerkmale des verschobenen Objekts bei genügender Ähnlichkeit zu den entsprechenden bereits bestehenden Gruppen hinzugefügt, wodurch umfangreichere Gruppen erzeugt werden können.

5

Die Transformationskoeffizienten beschreiben dabei eine Größenänderung und/oder eine Lageänderung des Objekts.

10 Für eine erhöhte Robustheit des Erkennungssystems werden
Bilder unter erschwerten Umständen, geänderten Bildaufnahme-
bedingungen, geänderter Beleuchtung, oder geänderter Objekt-
position aufgenommen. Aus den Bildern werden zunächst Objekt-
merkmale extrahiert welche nach einer Ähnlichkeitsbestimmung
zu bereits existierenden Gruppen hinzugefügt werden und somit
15 die Gruppen umfangreicher werden.

Ein weiterer Schritt zur Erzeugung eines robusten geometri-
schen Modells wird dadurch erreicht, dass unter Berücksichti-
gung der Bildaufnahmetechnik und der perspektivischen Verzer-
20 rung aus einer Objektlage Abbildungsgleichungen zur relativen
Positionsbestimmung eines Objektmerkmals erstellt werden.

Zusätzlich oder Alternativ kann ein objektbeschreibendes Mo-
dell aus einer im Aufnahmefeld zentralen Lage erzeugt werden
25 und dieses Modell für Teilerkennungen von zweckmäßig verscho-
benen Objekten verwendet werden um ein umfangreicheres Modell
für mindestens eine weitere Objektlage zu erzeugen, wobei die
zweckmäßige Verschiebung in allen Richtungen ausgeführt wird
und bei jedem Schritt das Modell angepasst wird.

30

Es kann danach anhand einer Ausgleichsberechnung über alle
Verschiebungsschritte die relative dreidimensionale Position
eines Objekts und/oder Objektmerkmals bestimmt werden.

35 Die Erfindung wird zunächst anhand Ausführungsbeispiele näher
erläutert.

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

Figur 1 ein Ablauf der Schritte zur Erzeugung eines geometrischen Modells

Figur 2 ein Ablauf zur Erweiterung eines Modells unter Berücksichtigung von erschwerten Bildaufnahmeumständen

Figur 3 ein Ablauf zur Erweiterung eines Modells unter Berücksichtigung perspektivischer Unterschiede und Eigenschaften der Aufnahmeelektronik

In Figur 1 ist der Ablauf zur Entwicklung eines geometrischen Modells mit Hilfe von Schwellen und Ähnlichkeitsbestimmungen angegeben. Dabei ist der vorläufige Ablauf zur Erzeugung eines ersten geometrischen Modells mit A angegeben. In Schritt 1 ist die Bildaufnahme eines Objekts angegeben und wird von einer Merkmalsextraktion in Schritt 2 gefolgt. Für die Entwicklung einer Gruppe wird das Ausmaß einer gewünschten Ähnlichkeit durch Schwellen für die Ähnlichkeit eines jeden Merkmals in Schritt 3 festgelegt. Da Merkmale die aus vielen Bildern extrahiert werden müssen, werden die genannten Schritte mehrmals ausgeführt. Ferner weisen die aufgenommenen Formmerkmale Streuungen auf, welche zunächst eine Gruppe ähnlicher Merkmale in Form von Merkmalsmittelwerten oder Streuungen charakterisieren. Diese Mittelwerte, bzw. Streuungsmaße dienen als weitere Grundlage für die Bewertung der Ähnlichkeit eines neu in die Gruppe aufzunehmenden Kandidaten, beispielsweise aus einem neu aufgenommenen Bild. Diese statistischen Werte können aufbewahrt werden, bzw. spätestens im Schritt 9 gespeichert werden.

Der folgende Ablauf zum Abspeichern einer Gruppe von Formmerkmalen wird in der Figur 1 mit Schritt 4 repräsentiert. Dieser Schritt ist außerhalb der Beiden Rahmen A und B ge-

zeigt, da die Gruppen sowohl im Ablauf A als auch im Ablauf B verwendet werden. Die Anzahl der einer Gruppe zugeordneten Mitglieder wird als Gruppenstärke gespeichert.

- 5 Durch geeignete Wahl der Merkmals-Ähnlichkeits-Schwellen werden ähnliche, neue Merkmale der Gruppe hinzugefügt, d.h., die Gruppe wächst an Mitgliederzahl und damit an Gruppenstärke. Dabei kann bspw. die Distanz eines neuen Merkmals zum berechneten Mittelwert der bisher akzeptierten Mitglieder einer
- 10 Gruppe für ein Ähnlichkeitswert verwendet werden. Eine untere und/obere Schwelle für diese Distanz würde in diesem Beispiel als Schwelle bezeichnet werden. Dabei kann eine weitere Schwelle aus einer Mindestzahl von objektbeschreibenden Merkmalen, die jeweils entsprechende Gruppen zugeordnet sind)
- 15 verwendet werden. Weniger ähnliche Merkmale werden dabei von der Gruppe ausgeschlossen. Eine größere Gruppe beinhaltet mehr Information über das durch die Gruppe, bzw. durch die Streuungswerte genauer beschriebene Objekt.
- 20 Geeignet für die Beschreibung eines Modells, bspw. für die Repräsentation von Helligkeitsverteilungen, ist der Mittelwert der Menge aller in der Gruppe enthaltenen Merkmale. Für andere im Bild vorkommenden Merkmale, wie z.B. die Länge einer geraden Linie oder Kante, wäre ein Maximum der Menge aller in der Gruppe enthaltenen Merkmale geeignet, um Geraden
- 25 mit einer maximalen Länge aus zukünftigen Bildern auch erkennen zu können.

- 30 Somit werden erfindungsgemäß entsprechend der Eigenschaften eines Bildobjektes entweder die Mittelwerte, Maximumwerte oder sonstige, geeignete statistische Werte als charakterisierende Merkmale eines Modells herangezogen.

- 35 Von besonderem Vorteil des oben genannten Verfahrens ist, dass je größer die Anzahl der Gruppenmitglieder, um so genauer ein idealer Mittelwert berechnet und die Geometrie des zu erkennenden Objektes beschrieben werden kann. Die starken

Gruppen repräsentieren diejenigen Formmerkmale, die besonders zuverlässig aus den Bildern extrahiert werden und daher gut zur Beschreibung des Objekts für eine Teilerkennung geeignet sind.

5

Nachdem eine Reihe von Bildaufnahmen eines Objekts und die daraus extrahierten Formmerkmale die Gruppen zu einer genügenden Mindestgröße gefüllt haben, d.h., die Schritte 1 bis 4 aus Figur 1 mehrmals ausgeführt worden sind, werden aus ihnen Modellmerkmale abgeleitet und zu einem ersten Modell in Schritt 5 für die Teilerkennung zusammengefügt. Es wird die Verwendung von starken Gruppen aus Schritt 4 bevorzugt, da diese Gruppen diejenigen Formmerkmale, die besonders zuverlässig und wiederholbar aus den aufgenommenen Bildern extrahiert werden und daher optimal zur Beschreibung des Objekts oder Modells für mindestens einer Teilerkennung geeignet sind, repräsentieren. Dabei wird das Modell für eine erste Teilerkennung oder Positionsbestimmung für das zu erkennende Objekt verwendet. Dieses Modell reicht jedoch nicht, eine Teilerkennung unter erschwerten Umständen mit hoher Genauigkeit auszuführen. Allerdings ergibt sich ausgehend von dieser Modellbasis, wie folgendermaßen erläutert, eine Möglichkeit zur Erzeugung eines robusteren Modells.

15

20

25

Für die Erzeugung adaptiver und zuverlässig objektbeschreibender Modelle müssen Unterschiede zwischen aufgenommenen Bildern berücksichtigt werden, wie z.B. Unterschiede aufgrund von Kamerarauschen, Beleuchtungsunterschieden oder veränderten Kameraperspektiven.

30

Der Ablauf des erfinderischen Verfahrens zur Erzeugung eines solchen Modells ist in B eingerahmt. Die aus den oben genannten Effekten streuenden Messwerte müssen vollständig erfasst werden. Dafür werden erfindungsgemäß nach der Generierung des ersten Modells weitere Bildaufnahmen in Schritt 6 unter geänderten Umständen gemacht und daraus in Schritt 7 wieder die beschreibenden Formmerkmale dieser Bilder extrahiert. Diese

35

werden weiter mit den schon bestehenden Gruppen aus Schritt 4 verglichen und bei genügender Ähnlichkeit in die Gruppen hingenommen. Schwellen, welche ggf. unter den neuen Umständen geändert worden sind können mit dem Schritt 8 verwendet werden. Insgesamt können somit können unter Umständen anfänglich sehr kleine Gruppen (die nicht zum ersten Modell beigetragen haben) weiter anwachsen. Anschließend wird in Schritt 10 ein weiteres Modell aus den Gruppen abgeleitet, welches eine vollständigere und zuverlässigere Beschreibung des Objektes darstellt. Dieser Prozess der Änderung wird einige Male wiederholt, bis die Gruppen sich nicht mehr wesentlich verändern.

Obwohl die oben genannten Verfahren bereits eine hohe Flexibilität des Erkennungssystems gewährleisten, müssen weitere Effekte wie z.B. eine starke Änderung der Perspektive, und die damit verbundenen Änderungen eines Objektprofils, die Längen von Geraden, Kreismradien sowie Flächen, berücksichtigt werden. Dabei können z.B. die Parameter eines Objekts in einer neuen Objektlage nicht ohne weiteres mehr mit den Parametern aus dem ursprünglichen Modell verglichen werden. Zur Behandlung dieses Problems wird eine geometrische Transformation herangezogen, anhand deren Ausführung die Lage- oder Größenänderung des Objektes in die Lage- Größenordnung einer bestehenden Gruppe transformiert werden kann, und somit die in den Gruppen stehenden Formmerkmale weiterhin die Eigenschaften eines zu erkennenden Objekts repräsentieren. Dieser Ablauf wird mit der Figur 2 gezeigt.

Um die geometrischen Eigenschaften dieser Transformation zu gewinnen, wird die Lage- und Größenänderung des Objektes anhand eines bestehenden Modells mit einer Teilerkennung aus Schritt 1 der Figur 2 bestimmt, da zumindest eine Teilerkennung auch bei perspektivisch geänderten Formmerkmalen möglich ist. Die Unterschiede zwischen der so ermittelten neuen Position zu der Lage des Modells (welches die erste, unverzerrte Objektlage enthält) definieren die für eine Rücktransformati-

on notwendigen Koeffizienten. Diese Unterschiede werden mit der in Schritt 2 gezeigten Auswertung ausgeführt. Dabei ist das mit der Teilerkennung erkannte Objekt in der linken Graphik und das verzerrt Objekt in der rechten Graphik gezeigt.

5 Die Transformation wird anhand des gestrichelten Pfeils und der geänderten Koordinaten $x \rightarrow x'$ und $y \rightarrow y'$ dargestellt. Die Resultate der Transformation können zunächst in einem Schritt 3 gespeichert werden. Mit dieser Rücktransformation werden alle positionsbestimmenden Merkmale aus den Bildern für eine
10 neue Objektlage aus dieser Lage zurück in die Modellage transformiert, ebenso werden alle größenbestimmenden Merkmale aus den Bildern mit einem neuen Abbildungsmaßstab auf die Modellgröße transformiert, so dass die transformierten Parameter wieder mit denen der ursprünglichen Gruppen ähnlich sind
15 und damit ein Ähnlichkeitsvergleich möglich wird. Die Teilerkennung mit Positionsbestimmung dient auch zur Erprobung des Modells auf seine Eignung hin.

Die Streuungsparameter der Gruppen zeigen, wie stark die
20 Merkmalsparameter bei der Teilerkennung für die unterschiedlichen Bildaufnahmebedingungen streuen werden. Um den Prozess der Teilerkennung möglichst unempfindlich gegen solche Variationen zu machen, werden im Erkennungsmodell für jedes Merkmal Messwerte mitgespeichert, welche diese Streuung charakterisieren und bei der Erkennung für die Tolerierung geringer
25 Abweichungen zwischen den Parametern der Modellmerkmale und denen der neuen aus den Bildaufnahmen generierten Merkmale sorgen. Diese Streuungsmesswerte werden als Toleranzen bezeichnet und werden bei der Modellgenerierung aus den Streuungsparametern der Gruppen abgeleitet.
30

Wenn die Formmerkmale eines Objekts nicht nur zweidimensional in einer Ebene, also orthogonal zur optischen Achse der Kamera, liegen, sondern unterschiedliche Entfernungen zur Kamera
35 in Richtung der optischen Achse aufweisen, dann muss das Erkennungsmodell diese Entfernungsunterschiede berücksichtigen, damit der Einfluss der Objektlage im Bild auf die gegenseitig-

ge Lage der Formmerkmale, d.h., der Einfluss der perspektivischen Verzerrung, berücksichtigt werden kann.

Um diese Entfernungsunterschiede im Zuge der Modellgenerierung automatisch zu messen, können für verschiedene Objektlagen im Bild jeweils automatisch Erkennungsmodelle erzeugt werden, bei denen die gegenseitige Lage der Formmerkmale im Bild (2-D) wegen der perspektivischen Verzerrung jeweils unterschiedlich ist. Dieser Ablauf ist in Figur 3 angegeben.

Durch einen Vergleich dieser Modelle aus verschiedenen Objektlagen, p_1 , p_2 und p_3 , und durch Zuordnung der entsprechenden Formmerkmale kann für jedes Formmerkmal, zusammen mit Zusatzinformation über die Parameter der Kamera und Optik, die Entfernung des Merkmals vom optischen Zentrum in Richtung der optischen Achse berechnet werden. Dabei wird die perspektivische Abbildung der Kamera K und der Optik modelliert und für jede Objektlage ein System von Abbildungsgleichungen erstellt, welches beispielsweise mit einer Auswerteeinheit A erfolgen kann. Das Gleichungssystem wird dann nach den unbekannten Entfernungen der Merkmale aufgelöst. Diese Entfernungen können auch relativ zu einer Grundentfernung (z.B. relativ zur Tischebene, auf der das Objekt verschoben wird) angegeben werden. Dann werden sie als Merkmalshöhen bezeichnet.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel zur Berechnung der Merkmalsentfernungen wird zuerst ein Modell in der Mitte des Bildes erzeugt. Dann wird das Objekt in kleinen Schritten zum Bildrand hin verschoben, wobei das Modell nach jedem Verschiebungsschritt, und nach der Teilerkennung mit Lageberechnung, hinsichtlich seiner Positionsparameter an die neue Objektlage, d.h. an die neue perspektivische Verzerrung, angepasst wird. Nach einigen dieser Anpassungsschritte kann für jedes Formmerkmal durch Vergleich mit dem ursprünglichen Modell für die Bildmitte eine Entfernung vom optischen Zentrum (oder eine relative Höhe über der Verschiebungsebene) berechnet werden. Diese Verschiebung wird ausgehend von der Bildmitte in verschiedenen Richtungen (z.B. in die vier Ecken des

Bildes) durchgeführt. Durch eine Ausgleichsrechnung über alle Verschiebungsschritte kann die Entfernung vom optischen Zentrum für jedes Formmerkmal mit höchster Genauigkeit bestimmt werden. Somit wird auch eine automatische Bestimmung der Höhe, d.h. Entfernung von der Kamera, einzelner Formmerkmale gewährleistet. Durch Drehung des Objektes können für verschiedene Perspektiven auch Formmerkmale gesehen und in das Modell übernommen werden, die für eine Lage oder einen eingeschränkten Lagebereich (z.B. in der Bildmitte) unsichtbar waren.

Die Erfindung wird optimal in industriellen Fertigungssystemen zur automatischen optischen Teilerkennung eingesetzt. Die Erfindung hat in diesem Fall die Aufgabe, die Lage oder den Einbauort von Objekten, Teilen oder Werkstücken im Fertigungsprozess zu bestimmen und/oder ihren Typ oder Identität zu erkennen. Außerdem kann die Erfindung bei einer Qualitätskontrolle zur Überprüfung von Vollständigkeit, Fertigungsfehlern, Beschädigungen oder sonstige Qualitätsmängel von Objekten eingesetzt werden.

Die Aufnahme der Bilder könnte grundsätzlich mittels einer Kamera, einer geeigneten Robotik und einer Rechneranordnung ausgeführt werden. Dabei würde die Robotik dafür sorgen, die Objekte die aufgenommen werden sollen unter die Kamera unter unterschiedlichen Umständen zu stellen. Die Kamera würde zunächst mittels der Befehle einer Rechners Bereiche des Bildes aufnehmen, welche zunächst gespeichert und von einem geeigneten, gespeicherten Computerprogramm nach dem erfinderischen Verfahren ausgewertet werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Erzeugung eines objektbeschreibenden Modells, bei dem
 - 5 - eine Auswahl von Bildsignalinformationen in einer objektbeschreibenden Gruppe erfasst wird, welche objektbeschreibende Formmerkmale aufweist, und
 - 10 - Ähnlichkeitskriterien zur Entscheidung führen, ob ein objektbeschreibendes Merkmal der Gruppe zugeordnet wird, und
 - eine auswählbare Schwelle eine Entscheidung erlaubt, ob die Gruppe zum Bestandteil des Erkennungsmodells wird, und
 - 15 - mindestens starke Gruppen für ein Modell für eine Teilerkennung eines Objektes verwendet werden, wobei die Stärke je nach Anzahl der Gruppenmerkmale bestimmt wird, und
 - nach der Generierung eines ersten Modells weitere Bildaufnahmen ausgeführt werden, wobei neue objektbeschreibende Merkmale derart gewonnen werden, dass diese Merkmale einer Ähnlichkeitsbestimmung unterliegen und zu bereits existierenden Gruppen hinzugefügt werden und die Gruppen sich somit vervollständigen.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem weitere objektbeschreibende Merkmale gemäß einer Ähnlichkeitsbestimmung bereits existierenden Gruppen solange hinzugefügt werden, bis die Gruppen sich nicht mehr wesentlich ändern.
- 30 3. Verfahren einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem statistische Werte zur Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes zwischen bereits in den Gruppen aufgenommenen Merkmalen und neuen Merkmalen verwendet werden.
- 35 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem Mittelwerte und/oder Maximumwerte zur Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem
5 Streuungsmesswerte für jedes objektbeschreibenden Merkmal gespeichert werden und diese Streuungsmesswerte zur Charakterisierung eines Modells herangezogen werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem an-
10 hand einer ersten Teilerkennung eines von der optischen Bildaufnahmeachse verschobenen Objekts, Transformationskoeffizienten für die verschobene Objektlage gewonnen werden und mit einer Rücktransformation die Formmerkmale des verschobenen Objekts bei genügender Ähnlichkeit zu
15 den entsprechenden bereits bestehenden Gruppen hinzugefügt werden und somit umfangreichere Gruppen erzeugt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Transformationskoeffizienten eine Größenänderung und/oder eine Lageänderung des Objekts beschreiben.
20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem Bilder unter erschwerten Umständen oder unter geänderten
25 Bildaufnahmebedingungen oder geänderter Beleuchtung oder geänderter Objektposition aufgenommen werden und aus den Bildern Objektmerkmale extrahiert werden und nach einer Ähnlichkeitsbestimmung zu bereits existierenden Gruppen hinzugefügt werden und somit die Gruppen umfangreicher
30 werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem unter Berücksichtigung der Bildaufnahmetechnik und der perspektivischen Verzerrung aus einer Objektlage Abbildungsgleichungen zur relativen Positionsbestimmung eines
35 Objektmerkmals erstellt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem ein objektbeschreibendes Modell aus einer im Aufnahmefeld zentralen Lage erzeugt wird und dieses Modell für Teilerkennungen von zweckmäßig verschobenen Objekten verwendet wird um ein umfangreicheres Modell für mindestens eine weitere Objektlage zu erzeugen.

5

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die zweckmäßige Verschiebung in allen Richtungen ausgeführt wird und bei jedem Schritt das Modell angepasst wird.

10

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem eine Ausgleichsrechnung über alle Verschiebungsschritte die relative dreidimensionale Position eines Objekts und/oder Objektmerkmals bestimmt.

15

Zusammenfassung

5 Automatische Ermittlung von geometrischen Modellen für optische Teilerkennungen

Die Erfindung besteht im wesentlichen darin, dass Gruppen von Formmerkmalen, welche Eigenschaften eines Bildobjektes sein können, durch Hinzunahme von weiteren Formmerkmalen, die
10 eine Ähnlichkeit mit existierenden Gruppenformmerkmalen aufweisen, sich anhand einer Kontrolle mit auswählbaren Schwellwerten und der Aufnahme von zusätzlichen Informationen je nach geänderten Umständen des Objekts vervollständigen und somit annähernd eine zu erkennende Objektklasse repräsentie-
15 ren. Das hiermit erzeugte Modell kann in einem ersten Schritt für eine optische Teilerkennung verwendet werden. In einem zweiten Schritt können die Merkmale des durch die Teilerkennung erkannten Objekts zu einer Erweiterung und Vervollständigung des Modells führen.

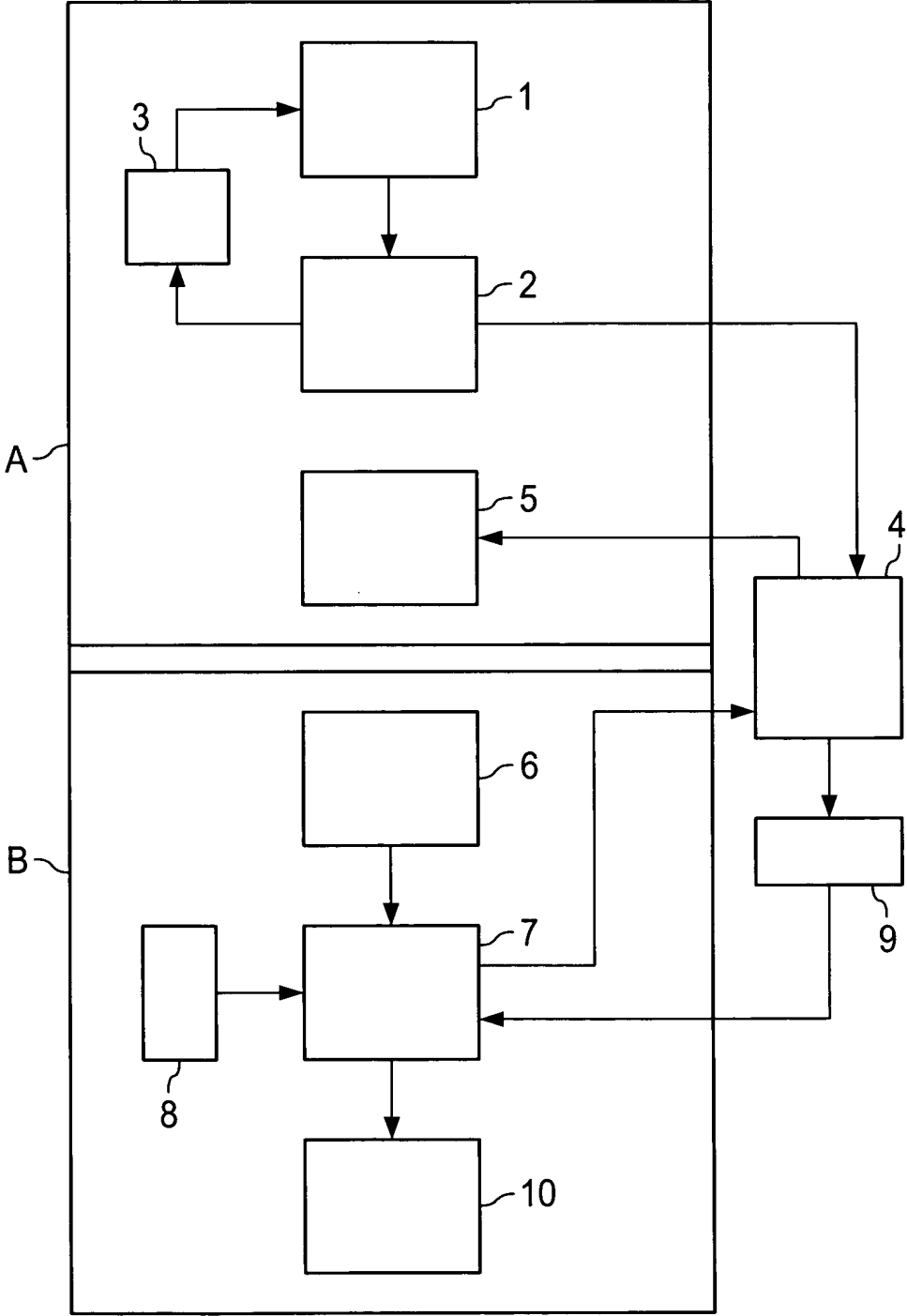
20

Es ergibt sich der Vorteil, dass die Notwendigkeit einer interaktiven Kontrolle des Erkennungssystems mit einem Fachmann erspart wird und Modelle mit hoher Repräsentationsstärke erzeugt werden können.

5

Sig. Fig. 1

FIG 1



2/2

FIG 2

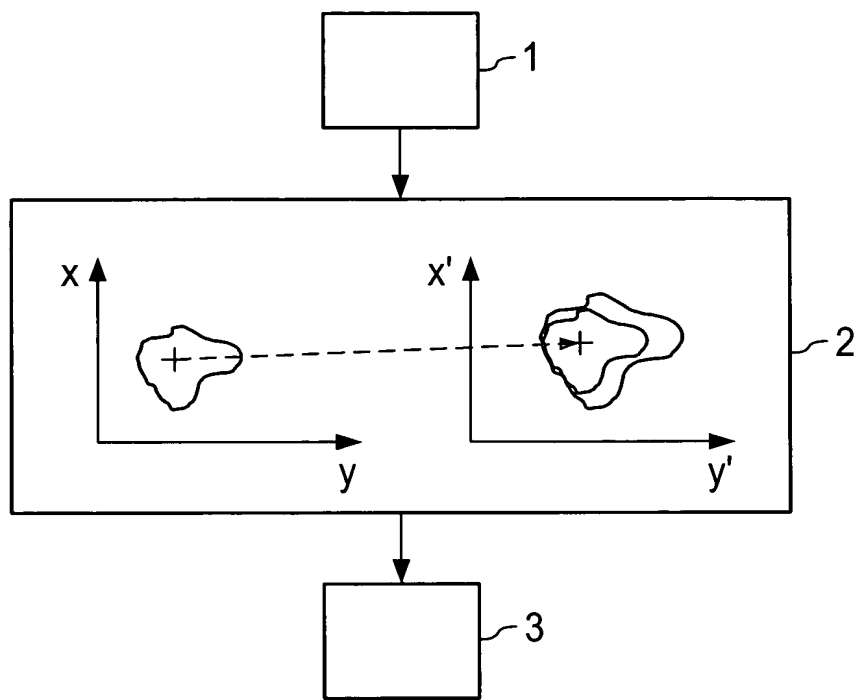


FIG 3

